

---

**KEMAMPUAN TUMBUHAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.)  
DALAM MENYISIHKAN KROMIUM TOTAL (Cr-T) DAN COD  
LIMBAH ELEKTROPLATING**

**Setiani Hapsari<sup>\*)</sup>, Badrus Zaman<sup>\*\*)</sup>, Pertiwi Andarani<sup>\*\*)</sup>**

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
[email : nagareboshi53@gmail.com](mailto:nagareboshi53@gmail.com)

**Abstrak**

Limbah cair elektroplating mengandung berbagai logam berat, senyawa organik dan juga anorganik. Limbah yang langsung dibuang ke lingkungan akan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan akan membahayakan makhluk hidup. Untuk itu perlu adanya pengolahan terhadap limbah elektroplating. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam menyisihkan kromium total dan COD limbah elektroplating. Penelitian ini dilakukan dengan sistem batch tertutup dengan variasi jumlah tumbuhan (2, 4, 6 tumbuhan) dan waktu tinggal (3, 6, 9, 12, 15 hari). Karakteristik awal limbah elektroplating pada penelitian ini yaitu kromium total 1,9784 mg/l dan COD 38,105 mg/l. Efisiensi penyisihan kromium total terjadi pada reaktor enam tumbuhan yaitu sebesar 95,01% hingga konsentrasi menjadi 0,0987 mg/l. Sedangkan efisiensi penyisihan COD terjadi pada reaktor kontrol sebesar 50,41% dengan konsentrasi akhir 18,89 mg/l. Fitoremediasi limbah elektroplating dapat diterapkan untuk mengolah limbah elektroplating dengan konsentrasi logam berat kromium total tidak terlalu tinggi atau setelah dilakukan pengolahan pendahuluan.

**Kata Kunci:** COD, Cr, Elektroplating, Fitoremediasi, Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.)

**Abstract**

**[Ability of Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.) to Reduce Total Chromium (Cr-T) and COD in Electroplating Wastewater].** Electroplating waste water contains various heavy metals, organic and inorganic compounds. The waste water directly discharged into the environment would cause environmental degradation and will be harmful for living things. Because of that we need to do treatment for electroplating waste. This study aims to determine the ability of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) to subtract total chromium and COD of electroplating waste water. This research was conducted with a closed batch system with variations in the number of plants (2, 4, 6 plants) and residence time (3, 6, 9, 12, 15 days). The characteristics electroplating waste in this study are total chromium 1.9784 mg/l and COD 38.105 mg / l. Total chromium removal efficiency occurred at the six reactors at the plant is 95.01% and the concentration is 0.0987 mg/l. While the efficiency of COD occurred in the control reactor amounted to 50.41% with a final concentration of 18.89 mg / l. Phytoremediation electroplating waste can be applied to treat waste electroplating with chromium total heavy metal concentrations are not too high or after pretreatment.

**Keywords:** COD, Cr, Electroplating, Phytoremediation, Water Lettuce (*Pistia stratiotes* L.)

## PENDAHULUAN

Elektroplating merupakan salah satu macam dari beberapa teknik pelapisan logam. Elektroplating dianggap sebagai industri pencemar utama yang membuang bahan beracun dan logam berat melalui air limbah, emisi udara dan limbah padat di lingkungan (CETeDDD, 2014). Salah satu logam berat yang ada pada limbah elektroplating yaitu kromium. Pada limbah elektroplating konsentrasi kromium berkisar antara 1,088–311,09 mg/l (Marwati, dkk, 2008 ; Hendro dan Sulastiningrum, 2009). Adanya kandungan kromium dalam air dapat menyebabkan efek buruk terhadap lingkungan dan makhluk hidup. Ion  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan bentuk logam Cr yang mempunyai daya racun tinggi, di dalam tubuh manusia ion ini dapat mengakibatkan kanker paru-paru (Palar, 2008).

Selain mengandung logam-logam terlarut, efluen limbah elektroplating juga mengandung solven, dan senyawa organik maupun anorganik (Purwanto dan Huda, 2005). Senyawa organik dalam air limbah dapat diketahui melalui konsentrasi COD. Karakteristik air limbah yang dihasilkan pada limbah elektroplating mengandung COD rendah sampai sedang yaitu dari 58,45-14033 mg/l (Widanarko, dkk, 1993; Singh et al, 2014).

Efluen limbah elektroplating yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Daerah Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 perlu dilakukan pengolahan sehingga aman dibuang ke lingkungan. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan sebagai remediasi lingkungan, termasuk menyisihkan organik dan logam-logam dari tanah dan air (Raskin et al, 1994

dalam Osyigit dan Dogan, 2015). Fitoremediasi telah banyak digunakan karena biayanya yang murah dan mudah diterapkan (Schnoor, 1997). Beberapa tumbuhan air seperti kayu apu yang merupakan gulma air, dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator untuk menyerap unsur toksin (Widowati, 2000 dalam Hernayanti dan Proklamasiningsih, 2004). Tumbuhan kayu apu mudah dijumpai di persawahan dan perairan tenang. Tumbuhan ini mempunyai kemampuan besar dalam menyerap berbagai unsur baik yang bersifat menguntungkan ataupun pencemar (Haridjaja dkk, 2009).

Pada penelitian Ulfin dan Widya (2005) penyerapan kromium dengan kayu apu dapat mereduksi konsentrasi kromium dengan efisiensi 89,98%. Sedangkan Hernayanti dan Proklamasiningsih (2004) meneliti penurunan kadar zat yang ada pada limbah batik oleh tumbuhan kayu apu, hasil dari penelitian ini penurunan tertinggi terjadi pada hari ke-9 dengan biomassa kayu apu sebesar 75 gram dapat mereduksi COD hingga 69,82%. Berdasarkan penelitian tersebut tumbuhan kayu apu berpotensi dalam mereduksi kromium total dan COD yang ada pada limbah elektroplating. Dengan kemampuan tumbuhan kayu apu yang tersebut oleh karena itu dilakukan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan kayu apu dalam menyisihkan kromium total dan COD pada limbah elektroplating serta volume transpirasi yang dapat dilakukan tumbuhan kayu apu pada limbah elektroplating.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UNDIP

selama 15 hari. Tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) didapat dari area persawahan di kawasan TNI Ambarawa yang kemudian di aklimatisasi selama  $\pm 7$  hari agar akar bersih dan tumbuhan siap digunakan. Sampel limbah elektroplating diambil dari salah satu jasa pelapisan krom di Industri Kaligawe Semarang. Metode pengambilan air limbah disesuaikan dengan SNI 6989.59:2008.

Uji resistensi tumbuhan dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan konsentrasi limbah yang akan digunakan pada penelitian. Uji resistensi dilaksanakan selama 7 hari secara triplo dengan variasi konsentrasi limbah. Berdasarkan uji resistensi kayu apu, air limbah yang digunakan pada penelitian ini dengan konsentrasi 20%.

Reaktor *batch* tertutup fitoremediasi yang digunakan berupa toples bening dengan d1 19 cm, d2 17cm dan tinggi 19,4 cm. Reaktor dibuat tertutup menggunakan styrofoam dengan volume total yang digunakan tiap reaktor sebesar 3 liter. Penelitian ini dilakukan secara duplo dengan variasi jumlah tumbuhan 2, 4, 6 tumbuhan dan waktu tinggal kelipatan 3 hari selama 15 hari.



**Gambar 1. Reaktor Fitoremediasi**

Pengujian parameter kromium total dan COD dilakukan setiap 3 hari sekali. Juga dilakukan pengukuran pH dan suhu reaktor setiap harinya.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan transpirasi dengan cara mengukur volume reaktor setiap harinya. Parameter lingkungan juga diukur meliputi

temperatur udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya pada setiap harinya.

Data konsentrasi kromium total dan COD kemudian dianalisis menggunakan SPSS 16.0 untuk mengetahui hubungan antara variasi jumlah tumbuhan dan waktu tinggal terhadap konsentrasi kromium total dan COD. Uji yang dilakukan meliputi uji normalitas, uji korelasi dan uji regresi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

pada penelitian ini karakteristik air limbah yang digunakan mengandung kromium total sebesar 1,9785 mg/l; COD sebesar 38,105 mg/l dan pH sebesar 10,2. Hasil pada saat penelitian akan dibahas selanjutnya.

### Kromium Total (Cr-T)

Penyisihan kromium total dilakukan oleh tumbuhan kayu apu dengan proses fitofiltrasi / rizofiltrasi, proses ini digunakan untuk menghilangkan polutan, terutama logam dari lingkungan perairan seperti *wetlands* dan tanah atau air permukaan dengan adsorpsi atau pengendapan ke akar atau organ terendam lain (Young, 1996 ; Salt et al, 1998;.. Kvesitadze et al, 2006; Jadia dan Fulekar, 2009 dalam Osyigit dan Dogan, 2015). Proses Adsorpsi adalah ikatan ionik, karena itu proses ini terjadi untuk kontaminan yang mempunyai perbedaan muatan ion dengan ion akar (misal  $\text{HCO}_3^-$ ) seperti logam-logam berat (Mangkoediharjo dan Samudro, 2010). Ion-ion kromium ( $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{6+}$ ) yang ada pada air limbah diserap oleh tumbuhan melalui akar. Kromium merupakan elemen non esensial bagi tumbuhan oleh karena itu tidak terjadi proses pengangkutan (Singh et.al, 2013). Akumulasi kromium dalam tumbuhan dapat menyebabkan toksisitas yang tinggi

pada pertumbuhan tumbuhan dan dapat menyebabkan perubahan pada beberapa

Efek toksisitas kromium pada tumbuhan kayu apu dapat dilihat pada

parameter biokimia tumbuhan kayu apu (Singh et.al, 2013 ; Dan et.al, 2016).

bagian akar sebagai tempat terakumulasinya kromium.

**Tabel.1 Penyisihan Kromium Total**

Reaktor	Konsentrasi (mg/l)					
	H0	H3	H6	H9	H12	H15
Kontrol	1,9784	1,5028	1,5653	1,5815	1,4071	1,3152
2 Tumbuhan	1,9784	1,6096	1,4663	1,1848	1,0629	0,8949
4 Tumbuhan	1,9784	1,3482	1,1635	1,0325	0,8405	0,5026
6 Tumbuhan	1,9784	1,0670	0,8570	0,6185	0,3057	0,0987

Penurunan konsentrasi kromium total juga terjadi pada reaktor kontrol. Didalam air terjadi proses pengompleksan dan reaksi redoks yang dapat mengakibatkan pengendapan logam Cr. Pada air yang berlingkungan basa ion-ion  $Cr^{3+}$  akan mengendap (Palar, 2008). Adanya  $Ca(OH)_2$  akan mengendapkan logam Cr. Reaksi kimia yang terjadi dalam air limbah yang mengandung  $Cr^{3+}$  dengan hidroksida Ca, maka krom tersebut akan terendap sebagai  $Cr(OH)_3$  (Asmadi dkk., 2009).

Kesimpulan dari analisis statistik penelitian ini yaitu terdapat pengaruh antara jumlah tumbuhan dan waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi kromium total.

#### **COD (Chemical Oxygen Demand)**

Pada penelitian ini COD limbah elektroplating ada pada kategori rendah. Penyisihan konsentrasi COD terbesar terjadi pada bak kontrol sebesar 19,211 mg/l. Penurunan konsentrasi COD tersebut disebabkan karena larutan tersuspensi mulai mengendap (Muhajir, 2013; Widya, 2015). Terjadinya penurunan konsentrasi COD pada reaktor kontrol juga terjadi pada konsentrasi kromium. Bereaksinya  $Cr^{3+}$  dengan larutan kapur  $Ca(OH)_2$  akan membentuk endapan  $Cr(OH)_3$ . Terbentuknya endapan  $Cr(OH)_3$  ini lah yang menyebabkan COD pada reaktor kontrol berkurang. Dalam waktu penelitian 15 hari konsentrasi COD yang tersisihkan mencapai 50,41% (Gambar2)

**Tabel 2. Penurunan konsentrasi COD**

Reaktor	Konsentrasi (mg/l)					
	H0	H3	H6	H9	H12	H15
Kontrol	38,105	25,605	20,868	22,974	21,526	18,895
2 Tumbuhan	38,105	26,395	20,868	18,500	27,447	37,053
4 Tumbuhan	38,105	30,474	20,211	30,605	29,684	35,342
6 Tumbuhan	38,105	39,947	34,947	36,263	33,105	33,632

Penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji terjadi karena aktifitas Penyebab

kedua yaitu oleh aktivitas mikroorganisme akar. Mikroorganisme akan mengubah

bahan organik menjadi bahan anorganik dan bahan lainnya serta energi untuk sintesis bakteri tersebut (Intansari dan Mangkoedihardjo). Bahan organik didegradasi mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media dan menempel pada akar tanaman, serta penetrasi rhizome pada media (Pinton, 2001 dalam Widya, 2015). Mikroorganisme yang hidup pada zona akar mendapatkan pasokan nutrisi dari eksudat akar (Mangkoedihardjo dan Samudro 2010). Mikroorganisme yang berperan pada penurunan kadar bahan pencemar organik yaitu bakteri aerobik heterofilik (Vymazal and Kröpfelová, 2009 dalam Sutyasmi dan Susanto 2013). Faktor lingkungan yang mempengaruhi aktifitas mikroorganisme pada akar yaitu pH dan temperatur. Organisme yang merombak bahan organik menyukai pH sekitar 7 – 8,5 (Effendi, 2003).

Hingga hari ke-15 pada reaktor ujimengalami kenaikan COD. Kenaikan ini terjadi karena tumbuhan kayu apu sudah terlalu banyak menyerap kromium yang mengakibatkan terjadinya kerontokan akar. Tanaman, daun-daun yang rusak dan terendam air limbah akan membusuk, pembusukan ini meningkatkan bahan organik dalam air limbah sehingga COD menjadi bertambah (Muhajir, 2013).

Kesimpulan dari analisis Statistik penelitian ini yaitu terdapat pengaruh antara jumlah tumbuhan dan waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi COD

### pH Reaktor

Hasil pengukuran pH awal dari air limbah yang diuji sebesar 10,2. Pada limbah elektroplating memiliki pH basa

karena pada saat proses pencucian menggunakan kapur. Apabila kapur ( $\text{CaO}$ ) dicampur dengan air akan bereaksi menghasilkan gugus hidroksil  $\text{Ca(OH)}_2$  yang bersifat basa, (Asmadi, dkk).

Pada penelitian ini dari hari ke hari pH pada semua reaktor mengalami penurunan. pH reaktor kontrol menurun hingga 7,7. Nilai pH yang semakin menurun pada reaktor kontrol terjadi karena ion  $\text{OH}^-$  yang menyebabkan pH basa berikatan dengan ion kromium ( $\text{Cr}^{3+}$  dan  $\text{Cr}^{6+}$ ) sehingga ion  $\text{OH}^-$  dalam air limbah berkurang dan pH menjadi turun.

Pada reaktor uji penurunan pH disebabkan oleh keberadaan eksudat tumbuhan. Eksudat yang dikeluarkan tumbuhan mengandung diantaranya asam organik, asam amino dan asam lemak (Mangkoedihardjo, 2006). Proses respirasi oleh tumbuhan akan meningkatkan jumlah karbon dioksida, sehingga pH perairan menurun (Wetzel, 1983 dalam Izzati, 2008).

Pada reaktor kontrol pH akhir menjadi 7,7; reaktor 2 tumbuhan pH akhir sebesar 6,6 ; reaktor 4 tumbuhan pH akhir sebesar 5,5 dan reaktor 6 tumbuhan pH akhir sebesar 4,9. Ini menunjukkan bahwa jumlah tumbuhan mempengaruhi nilai pH. Jumlah tumbuhan yang semakin banyak akan meningkatkan jumlah karbon dioksida sehingga pH akan semakin turun.

### Uji Transpirasi

Pengukuran nilai transpirasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan kayu apu dalam menyerap limbah elektroplating. Pada penelitian ini nilai transpirasi dihitung dari jumlah volume yang hilang tiap harinya (Tabel 3).

**Tabel 3 Volume Transpirasi (ml)**

Hari ke-	2 Tumbuhan	4 Tumbuhan	6 Tumbuhan
3	100,5	170,5	210
6	101,5	171,5	212,5
9	91	151,5	182
12	93	170	187
15	76	141	161

Volume transpirasi secara langsung dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari/intensitas cahaya (Sugito, 2013). Namun transpirasi lebih dipengaruhi oleh temperatur udara (Dwijoseputro, 1978). Kenaikan temperatur udara akan menyebabkan kenaikan tekanan uap dalam daun, karena itu degradasi tekanan uap di dalam dan di luar daun yang dihubungkan oleh stomata menjadi semakin tajam sehingga laju transpirasi pun meningkat (Loveless, 1991 dalam Rulita, 2012). Salah satu fungsi transpirasi bagi tumbuhan yaitu memungkinkan akar tumbuhan menyerap air dan unsur hara (Sugito, 2013). Hal ini terbukti pada penelitian ini karena ada penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji dan konsentrasi kromium total reaktor uji yang semakin hari semakin rendah dengan adsorpsi ion kromium ke dalam tumbuhan.

Faktor evapotranspirasi (TF) didapat dari penurunan permukaan air karena evapotranspirasi (ET) dibagi dengan penurunan muka air karena evaporasi (E). Evaporasi didapat dari penurunan muka air pada reaktor kontrol sedangkan evapotranspirasi didapat dari penurunan muka air pada reaktor uji. Hasil perhitungan faktor evapotranspirasi pada reaktor 2, 4, dan 6 tumbuhan masing-masing yaitu 0,20; 0,27 dan 0,27. Faktor evapotranspirasi yang besar menunjukkan

tumbuhan dapat dengan baik melakukan transpirasi pada air limbah (Mangkoedihardjo dan Samudro 2010). Pada penelitian ini faktor evapotranspirasi bernilai kecil dikarenakan evaporasi yang terjadi pada reaktor kontrol sedikit karena ditutup styrofoam. Hal tersebut menyebabkan penurunan permukaan air tidak terlihat pada reaktor kontrol (0 cm).

### **Pertumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)**

Pertumbuhan tumbuhan kayu apu dilihat dari pengukuran berat basah tumbuhan hingga hari terakhir penelitian. Berat basah tumbuhan pada awal penelitian yaitu 27 gram pada reaktor 2 tumbuhan, 54 gram pada reaktor 4 tumbuhan dan 81 gram pada 6 tumbuhan. Pada perhitungan hari terakhir penelitian, tumbuhan mengalami pertumbuhan, pada reaktor dua, empat dan enam berturut-turut 0,64 gram, 4,83 gram dan 11,10 gram. Pertambahan berat tumbuhan kayu apu semakin meningkat dengan jumlah tumbuhan yang semakin banyak. Hal ini karena jumlah tumbuhan tiap reaktor berbeda, sehingga cemaran yang diterima tumbuhan pada tiap reaktor berbeda-beda. Oleh karena itu pertumbuhan tertinggi terjadi pada reaktor 6 tumbuhan.

Pertumbuhan kayu apu juga dapat diketahui dari bagian daun. Tumbuhan kayu apu mampu tumbuh tunas-tunas baru dan tumbuh menjadi daun besar. Pertumbuhan ini terjadi sebagai hasil dari adanya proses fotosintesis. Hasil dari proses fotosintesis (fotosintat) yang dihasilkan pada daun harus diangkut ke organ tumbuhan yang lain agar dapat dimanfaatkan oleh jaringan tumbuhan tersebut untuk pertumbuhan atau ditimbun

sebagai bahan cadangan makanan (Lakitan, 2010). Pada seluruh reaktor uji pertumbuhan akar kayu apu sangatlah sedikit, namun daun dapat tumbuh dengan baik. Hal ini terjadi karena kromium dapat mengganggu proses fotosintesis dan respirasi, serta mekanisme penyerapan air dan mineral (Singh et.al, 2013).



**Gambar 1. Kondisi Tumbuhan Kayu Apu Hari ke-15**

Hasil fotosintesis tidak tertranslokasikan dengan baik ke bagian akar tumbuhan kayu apu karena terakumulasinya kromium pada akar sehingga akar yang lama tidak dapat tumbuh. Sehingga hanya bagian daun dan akar muda yang mengalami pertumbuhan.

Cadangan makanan yang berlebih dan tidak segera ditranslokasikan ke bagian tumbuhan lain akan menumpuk di daun dan menyebabkan proses fotosintesis terganggu (Sugito, 2013). Menumpuknya cadangan makanan pada daun tumbuhan kayu apu terjadi pada seluruh reaktor uji, yang ditunjukkan dengan berubahnya warna daun menjadi kuning (Gambar 1)

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan

1. Efisiensi penyisihan konsentrasi kromium total dan COD pada reaktor uji terbesar terjadi pada reaktor dengan enam tumbuhan yaitu sebesar 95,01%

menyisihkan kromium total dan 11,74 % menyisihkan COD.

2. Analisis statistik data menunjukkan jumlah tumbuhan berpengaruh terhadap penyisihan kromium total dengan nilai korelasi sebesar 0,529 dan COD dengan nilai korelasi sebesar 0,579

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan limbah elektroplating dengan karakteristik COD yang tinggi.
2. *Pre treatment* perlu dilakukan sebelum fitoremediasi digunakan dalam pengolahan limbah elektroplating.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmadi; S., Endro; Oktiawan, W. 2009. *Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH dan NaHCO<sub>3</sub> (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang)*. JAI Vol 5. No. 1 2009
- CETeDDD (Centre for Environmental Technology Development, Demonstration and Dissemination), IITM. 2014. *Electroplating Basics & Effluent Standard Guidelines*. Indian Institute of Technology Madras
- Dan, Piyush Kanti; Mandal, Sunandana; De, Anil Kr.; Mandal, Sudhendu. 2016. *Studies on The Toxicity of Chromium (VI) to Pistia stratiotes L. Plant and its Removal*. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci. (2016) 5(6): 975-982. <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.505.103>

- Haridjaja, Oteng; Purwakusuma, Wahyu; Safitri, Ratih. 2009. *Pemanfaatan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) dan Kiambang (Salvinia molesta D.mitch) Untuk Meningkatkan Kualitas Air Greywater Untuk Tanaman Selada (Lactuca sativa L.)*. Program Studi Tanah Fakultas Pertanian ITB. Bogor.
- Hendro, Mario; Sulastriningrum, Ratih. 2009. *Pemisahan Kromium dan Nikel dari Limbah Cair Elektroplating dengan Proses Ultrafiltrasi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Hernayanti; Proklamasiningsih, Elly. 2004. *Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Sebagai Upaya Untuk Memperbaiki Kualitas Air*. Fakultas Biologi Unsoed. Purwokerto
- Intansari dan Mangkoedihardjo, Sarwoko. *Uji Removal BOD dan COD Limbah Cair dengan Fitoremediasi Sistem Batch Menggunakan Tumbuhan Coontail (Ceratophyllum demersum)*. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS
- Izzati, Munifatul. 2008. *Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak setelah Penambahan Rumput Laut Sargassum plagyophyllum dan ekstraknya*. Jurusan Biologi FMIPA UNDIP.
- Jadia, C.D., Fulekar, M.H., 2009. Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. Afr. J. Biotechnol. 8, 921–928.
- Lakitan, Benyamin. 2010. *Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Mangkoedihardjo, Sarwoko. 2006. Biodegradability Improvement of Industrial Wastewater Using Hyacinth. Journal of Applied Sciences 6 (6): 1409-1414, 2006
- Mangkoediharjo, Sarwoko dan Samudro, Ganjar. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Marwati, Siti; Padmaningrum, Regina Tutik; Marfuatun. 2008. *Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Industri Electroplating*. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY
- Muhajir, M.W. 2013. *Penurunan Limbah Cair BOD dan COD Pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha Angustifolia) dengan Sistem Constructed Wetland* (Skripsi). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Odjegba, VJ dan Fasidi IO. 2004. *Accumulation of Trace Elements by Pistia stratiotes: Implications for Phytoremediation*. Ecotoxicology 13:637-646
- Ozygit, I.I; Dogan I. 2015. Chapter 9. Plant - Microbe Interactions in Phytoremediation. Soil Remediation and Plants. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-799937-1.00009-7>
- Palar, Heryando. 2008. *Pencemaran Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta
- Peraturan Daerah Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012
- Pinton. 2001. *The Rhizosphere Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface*. New York : Marcel Dekker, Inc.
- Purwanto dan Huda Syamsul. 2005. *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro



- Raskin, I.P., Nanda Kumar, B.A., Dushenkov, S., et al., 1994. *Phytoremediation - using plants to clean up soils and waters contaminated with toxic metals. Emerging technologies in hazardous waste management VI*. ACS Industrial & Engineering Chemistry Division Special Symp, vol1, Atlanta.
- Salt, D.E., Smith, R.D., Raskin, I., 1998. *Phytoremediation*. Annu. Rev. Plant Physiol. 49, 643–668.
- Schnoor, J. 1997. *Phytoremediation*. Iowa City : The University of Iowa.
- Singh, Harminder Pal; Mahajan, Priyanka; Kaur, Shalinder; Batish, Daizy R.; Kohli, Ravinder K. 2013. *Chromium Toxicity and Tolerance in Plants*. Environ Chem Lett (2013) 11:229-254. Springer.
- Singh, Monika; Saxena, Shilpi, Singh, Ajay Pratap. 2014. *Analysis of Copper from Electroplating Industry Waste Water and Its Reuse as Fungicide*. International journal of Scientific Engineering and Technology Volume No.3, Issue No.1 pp : 43-46
- SNI 6989.59:2008 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah
- Sugito, Yogi. 2013. *Ekologi Tanaman : Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Beberapa Aspeknya*. Malang : UB Press.
- Ulfin, Ita dan W, Widya. 2005. *Study Penyerapan Kromium Dengan Kayu Apu (Pistia stratiotes, L.)*. Jurusan Kimia FMIPA ITS. Surabaya
- Uysal, Y. 2013. *Removal of Chromium Ions From Wastewater by Duckweed, Lemna Minor L. by Using A Pilot System With Continuous Flow*. Journal of Hazardous Materials 263 (2013) 486-492. Elsevier. <http://www.elsevier.com/locate/jhazmat>
- Vymazal, J. and Kröpfelová, L., 2009. *Removal of organics in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow: A review of the field experience*, Science of the total environment, 407(13): 3911-3922
- Widanarko, Ir. Sulistyoweni; Sarwanto, Setyo; Hartono; Djoko M; Setiawan, Arifin Budi. *Teknologi pengolahan Limbah Industri Kecil Electroplating di Wilayah DKI Jakarta*. Pusat Sumber Daya Manusia dan Lingkungan Lembaga Penelitian – Universitas Indonesia.
- Widya, C. 2015. *Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, COD dan Warna (Skripsi)*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang
- Young, P., 1996. The “new science” of wetland restoration. Environ. Sci. Technol. 30, A292–A296.